

**PROJECTION EXPOSURE METHOD AND ITS EQUIPMENT**

Patent Number: JP5291117  
Publication date: 1993-11-05  
Inventor(s): TERASAWA TSUNEO; others: 04  
Applicant(s): HITACHI LTD  
Requested Patent: ☐ JP5291117  
Application Number: JP19920094067 19920414  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/027; G03F7/20  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:** To prevent thermal deformation in time of an optical system for a long time, when a pattern on a mask is subjected to reduction transfer on a wafer, via a reflection type reduction projection optical system, by using a beam in an X-ray region or a vacuum ultraviolet region as an exposure light.

**CONSTITUTION:** The following are installed; a means 32 for cooling the rear of a multilayered film mirror constituting a projection optical system, and a heating means 31 which controls heat amount so as to make energy absorbed by the multilayered film mirror always constant.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-291117

(43) 公開日 平成5年(1993)11月5日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 21/027				
G03F 7/20	521	7818-2H		
		7352-4M	H01L 21/30	331 E
		7352-4M		311 L
		7352-4M		331 A

審査請求 未請求 請求項の数7 (全5頁)

(21) 出願番号 特願平4-94067

(22) 出願日 平成4年(1992)4月14日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 寺澤 恒男

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 岡崎 信次

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 伊東 昌昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

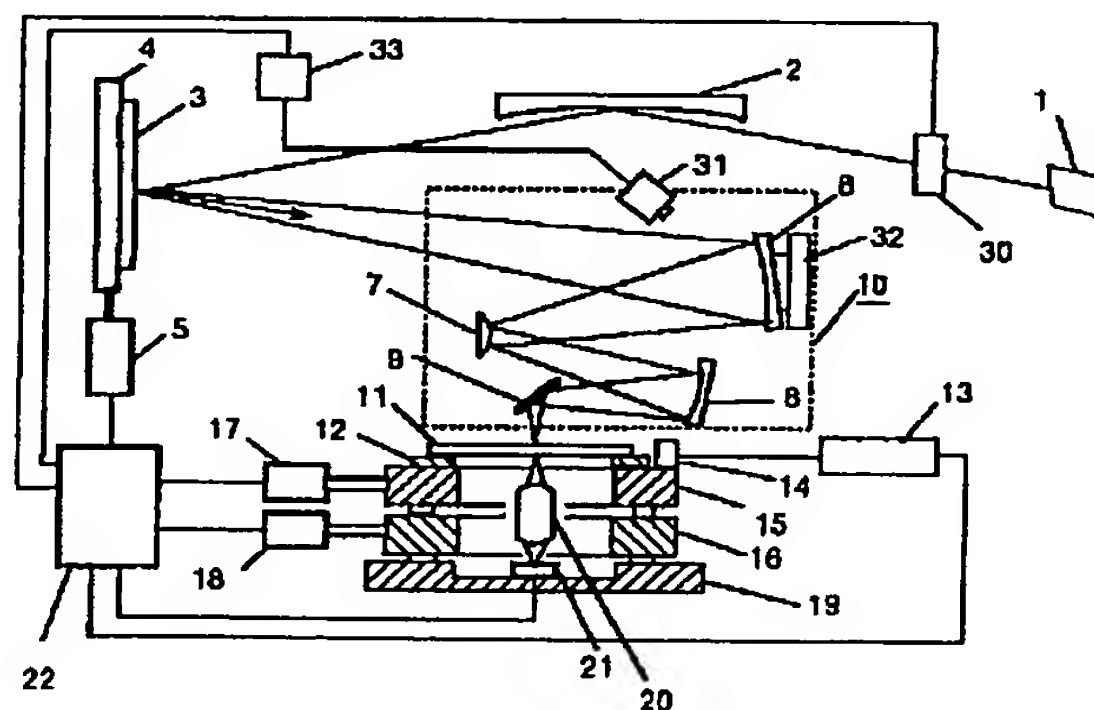
(54) 【発明の名称】 投影露光方法およびその装置

(57) 【要約】

【目的】 X線領域あるいは真空紫外領域のビームを露光光として用い、反射型縮小投影光学系を介してマスク上のパターンをウェハ上に縮小転写する際、長時間にわたって光学系の時間的熱変形を防止する。

【構成】 投影光学系を構成する多層膜鏡の裏面を冷却する手段32と、多層膜鏡に吸収されるエネルギーが常に一定値となるように加熱量を制御する加熱手段31を設ける。

図 1



- |            |             |
|------------|-------------|
| 1...X線源    | 11...ウェハ    |
| 2...複凹面鏡   | 22...チッカ    |
| 3...マスク    | 30...シャッタ   |
| 6...凹面鏡    | 31...加熱手段   |
| 7...凸面鏡    | 32...冷却手段   |
| 8...凹面鏡    | 33...加熱制御手段 |
| 9...平面鏡    |             |
| 10...縮小光学系 |             |

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 X線領域あるいは真空紫外領域のビームを放射する光源を用いて、第 1 の基板上に描かれているパターンを結像光学系を介して第 2 の基板上に縮小転写する投影露光方法であって、前記結像光学系を構成する光学素子を連続的あるいは間歇的に加熱しながらパターン転写を行なうことを特徴とする投影露光方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記光学素子の加熱のタイミングは、前記 X線領域あるいは前記真空紫外領域のビームが遮断されてパターン転写が行なわれていないときに加熱し、前記ビームの照射によって前記パターン転写が行なわれている間には加熱を行なわないかあるいは加熱量を低下させる投影露光方法。

【請求項 3】 X線領域あるいは真空紫外領域のビームを放射する光源と、前記ビームを第 1 の基板上に照明する照明手段と、前記第 1 の基板から反射する前記ビームあるいは前記第 1 の基板を透過するビームを第 2 の基板上に集光させる結像光学手段と、前記第 1 の基板および前記第 2 の基板を所望の位置に移動あるいは位置決めする位置決め手段からなる投影露光装置において、前記結像光学手段を構成する光学素子を加熱する加熱手段を含むことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、前記第 1 の基板を透過あるいは前記第 1 の基板から反射して前記結像光学手段に入射する前記ビームの入射量に応じて、前記加熱手段の加熱量を制御する加熱制御手段を設けた投影露光装置。

【請求項 5】 請求項 3 または 4 において、前記結像光学手段を構成する反射鏡の反射面とはことなる面には、前記反射鏡を冷却する冷却手段が設けられている投影露光装置。

【請求項 6】 請求項 3 または 4 において、前記反射鏡は多層膜鏡で構成されている投影露光装置。

【請求項 7】 請求項 3 または 4 において、前記 X線領域あるいは真空紫外領域のビームを放射する光源は、シンクロトロン放射である投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】 本発明は、ウェハ上に微細パターンを転写する投影露光装置に係り、特に、X線領域あるいは真空紫外領域のビームを用いた解像力の高い投影露光方法およびその装置に関する。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 マスク上に描かれた半導体素子等の回路パターンをウェハ上に転写する投影露光装置には、解像力が強く微細なパターンの転写が可能な性能が要求される。この露光装置は、回路パターンの 5 倍の大きさの原画が描かれているマスクを用いて、縮小投影レンズを介してウェハ上にパターンを形成していく縮小投影露光装置が主に用いられている。一般に、投影レンズの開口数

(NA) が大きいほど、あるいは露光光の波長が短いほど解像力は向上する。ここで、NA を大きくする方法はパターン転写時に焦点深度の低下をもたらすので、その大きさには限界がある。そこで、X線等の短波長のビームを用いて解像力を向上させる検討が盛んに行なわれてきた。しかし、波長が短いほどビームは吸収されやすくなるので、水銀ランプを光源とするような従来の露光装置のように透過型レンズによる結像光学系を実現することは難しい。そこで、反射型結像光学系を用いる方法が提案されてきた。

【 0 0 0 3 】 X線を用いることを前提とした従来の反射型結像光学系は、特開昭 63 - 18626 号公報や特開昭 63 - 312638 号公報に開示されている。この従来例は、マスクパターンをウェハ上に転写する結像光学系の構成について開示されている。

## 【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来例は、X線を集光させてパターンを結像する反射型結像光学系の詳細な構成を開示している。また、反射型結像光学系を構成する反射鏡は多層膜鏡であってその反射率が高くないためにエネルギーを吸収して温度が上昇するため、反射鏡を冷却する必要があることも示している。この冷却は、反射鏡のわずかな熱変形をも防止する上で重要である。しかし、実際の露光に際しては、X線等の露光用ビームが照射されてパターン転写が行なわれている間だけ反射鏡がエネルギーを吸収し、温度上昇の要因となる。ウェハ上の 1 ヲ所の露光位置から隣の露光位置へ移動する場合、あるいは、ウェハを交換する際は、露光用ビームは遮断されているので反射鏡の温度上昇は起こらない。このように、反射鏡の温度上昇の要因となるエネルギー吸収は間歇的に起こる。すなわち、反射鏡の温度変化に起因する反射鏡の熱変形は繰返し生じる。

【 0 0 0 5 】 この従来例は、反射鏡が定常的にエネルギーを吸収する場合について有効であるが、実際の間歇的にエネルギーを吸収する場合の温度制御については何ら考慮されていない。このため、反射鏡の形状精度を一定に保つことができず、微細パターンを安定に転写することができないという問題があった。

【 0 0 0 6 】 本発明の目的は、露光用ビームの照射の有無にかかわらず反射鏡の温度を一定に保って熱変形を防止し、反射鏡の形状精度を常に保つことにより高い信頼性のもとに微細パターンを転写できる投影露光方法およびその装置を提供することにある。

## 【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】 上記課題は、前記反射鏡に冷却手段を設けると同時に、X線等の露光用ビームが遮断されている場合、あるいは、前記反射鏡に入射する露光用ビームのエネルギーが少ない場合でも、前記反射鏡が所定量のエネルギーを吸収できるように反射鏡を加熱する手段を設けることにより達成される。

## 【 0 0 0 8 】

【作用】上記反射鏡を加熱するための加熱手段は、その加熱量をX線等の露光用ビーム照射量に応じて変化させることにより、常に前記反射鏡に所定量のエネルギーを吸収させる。さらに、反射鏡の裏面側に冷却手段を設けることによって温度勾配を一定にし熱的定常状態を保っているため、反射鏡の形状誤差は生じない。この結果、結像光学系の性能劣化は回避され、精度よく微細パターンの転写が行なわれる。

## 【 0 0 0 9 】

【実施例】図1は、X線源1として電子蓄積リングを用い、そこから放射されるX線（シンクロトロン放射光）を露光光として用いる本発明の微細パターン転写装置を示す図である。X線源1から放射されたX線は、照明光学系として作用する楕円面鏡2で反射して、第1の基板であるマスク3を照明する。X線源1は、電子蓄積リングに限られることなく、例えばレーザプラズマX線源等の他のX線源を用いてもよい。楕円面鏡2はトロイダル面鏡でもよいし、また、複数枚の反射鏡で構成してもよい。マスク3からの反射光は、凹面鏡6、凸面鏡7、凹面鏡8および平面鏡9から構成される反射型結像光学系10を通して第2の基板であるウェハ11に到達する。その結果、マスク3上の照明された領域に描かれているパターンがウェハ11上に転写される。マスク3上の照明領域が狭い場合は、マスク3を搭載したステージ4とウェハ11を載置したウェハ載置台12を反射型結像光学系10の縮小倍率にあわせて同期走査させることにより、マスク3上のパターンを全てウェハ11上に転写できる。

【 0 0 1 0 】ウェハ載置台12はウェハ11の面と直角方向に移動できるzステージ15上に固定され、zステージ15はウェハ11の面方向に移動可能なxyステージ16上に搭載されている。ウェハ11の載置位置誤差は裏面に形成されているマークを検出光学系20を介してベース19に固定された位置検出器21で検出され、その検出結果は制御系22に送られる。一方、ウェハ11の移動位置の計測は、レーザ測長器13でステージ15上に固定されたミラー14の位置を測定することにより行なわれ、その結果は常に制御系22に送られる。制御系22は、マスク駆動手段5、zステージ駆動手段17およびxyステージ駆動手段18を制御することにより、マスク3とウェハ11を所望の位置関係に保つ。

【 0 0 1 1 】ここで、反射面は全てMo（モリブデン）とSi（シリコン）とを交互に積層させた多層膜構造体とし、波長14nmのX線に対して、50%以上の反射率が得られるようにした。また、凹面鏡6、凸面鏡7、凹面鏡8の面は、いずれも一つの中心軸のまわりに回転軸対称に配置された面、あるいはその一部を切り出した面とした。

【 0 0 1 2 】図2は、図1に示した微細パターン転写装

置のうち、凹面鏡6、凸面鏡7、凹面鏡8による結像関係のみを示す部分を抽出して示した図である。反射鏡9はx線の進行方向を変えるだけで結像性能を支配するものではないので、図2では省略している。ここで、各光学素子の間の距離は光学系の中心軸上の距離で表わすこととする。図2に示すように、マスク3に相当する物体面300と凹面鏡6との間の距離を $t_1$ 、凹面鏡6から凸面鏡7までの距離を $t_2$ 、凸面鏡7から凹面鏡8までの距離を $t_3$ 、凹面鏡8からウェハ11の表面に相当する像面110までの距離を $t_4$ とし、凹面鏡6、凸面鏡7、凹面鏡8の面頂点の曲率半径をそれぞれ $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、さらに、それぞれの面の非球面量を表わす円錐定数を $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ とすると、本実施例ではパラメータの値を以下のように選んだ。

【 0 0 1 3 】  $t_1 = 1000.0\text{mm}$ ,  $t_2 = -149.863\text{mm}$ ,  
 $t_3 = 70.003\text{mm}$ ,  $t_4 = -120.951\text{mm}$   
 $r_1 = -393.970\text{mm}$ ,  $r_2 = 108.6567\text{mm}$ ,  $r_3 = -149.640\text{mm}$   
 $c_1 = -0.9430$ ,  $c_2 = -0.09193$ ,  $c_3 = 0.14273$

図2に示す系だけでは、像面110に沿って移動位置決めされるウェハ11が物体面300と凹面鏡6との間の光路をさえぎる可能性があるため、実際には図1に示すように平面鏡9を挿入してウェハ11の移動方向をxy面内にしている。平面鏡9は、光源1とマスク3の間に配置することもできる。

【 0 0 1 4 】凹面鏡6、凸面鏡7、凹面鏡8のX線反射率は約50%であるから、残りのX線エネルギーは多層膜鏡に吸収されることになる。ここで、図1に示すように、凹面鏡6の反射面とは異なる面には冷却手段32が設けられている。この冷却手段32は、その中を低温の液体または気体等の流体を流すことによって凹面鏡6の裏面を冷却している。一方、加熱手段31は凹面鏡6の反射面に熱エネルギーを与える熱源であり、露光用X線の光路をさえぎらないように配置されている。

【 0 0 1 5 】加熱手段31は、図1に示すように凹面鏡6から離れた位置からエネルギービームを照射するものでもよいし、または凹面鏡6の縁から直接加熱するものでもよい。加熱量は、加熱制御手段33によって制御されている。すなわち、X線のマスクへの照射を制御するシャッタ30が開いてパターン転写が行なわれているときは、加熱量を低下あるいはゼロにし、シャッタ30が閉じているときは加熱量を多くする。この結果、シャッタ30の開閉にかかわらず常に一定量のエネルギーが凹面鏡6の反射面に注入される。図1には示していないが、凹面鏡6以外の多層膜鏡についても、凹面鏡6と同様の反射面の加熱、裏面の冷却が行なわれている。また、マスク3や照明用の楕円面鏡2も同様の加熱と冷却を行なってもよい。シャッタの開閉や加熱量の増減等は、制御系



22によって制御される。

【0016】本実施例では、多層膜鏡に吸収させる一定のエネルギー量は、マスク3が全面反射のときに各多層膜鏡に吸収されるエネルギーと同量となるようにした。このエネルギー量は、露光に用いるマスクの反射部の面積に応じて適宜設定してもよい。

【0017】図3は、凹面鏡6の断面における温度分布を示す図である。反射面は、露光用X線または加熱手段31からの熱エネルギー34の吸収によって常に裏面より高い一定温度に保たれている。一方、裏面は冷却されて

10

いるから、温度分布35は露光の有無にかかわらず変化しない。このため、各反射鏡の形状は変化しないから、反射型結像光学系10の結像性能の劣化が回避される。反射面の温度は、多層膜の界面での相互拡散が生じないように設定される。また、反射面はこの温度分布で設計形状となるように製作されている。本発明で、反射面を高温に保つと、X線等のビームの照射によって生じやすい炭素付着を低減することもできる。

【0018】尚、パターン転写とは通常ウェハ上に塗布されたレジストにX線等のビームを照射して感光させて

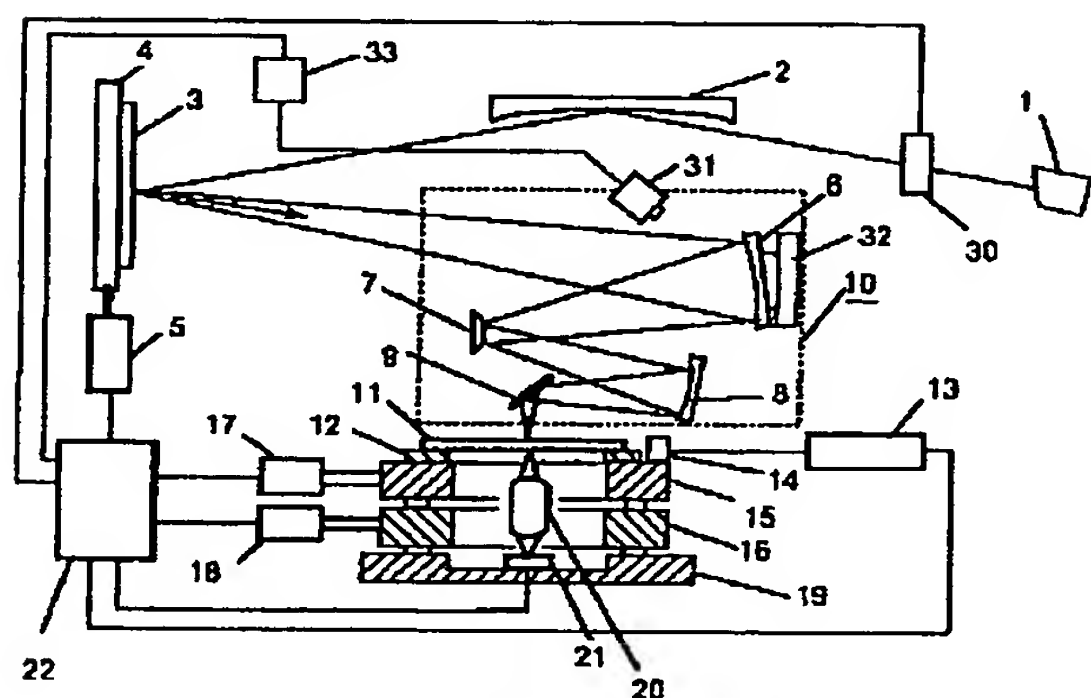
20

潜像を作ることであるが、本発明はX線を用いてマスク

パターンの像をウェハ上に形成する光学系に関するもの

【図1】

図 1



- |            |             |
|------------|-------------|
| 1...X線源    | 11...ウェハ    |
| 2...楕円面鏡   | 22...制御系    |
| 3...マスク    | 30...シャッタ   |
| 4...凹面鏡    | 31...加熱手段   |
| 5...凸面鏡    | 32...冷却手段   |
| 6...凹面鏡    | 33...加熱制御手段 |
| 7...凸面鏡    |             |
| 8...凹面鏡    |             |
| 9...平面鏡    |             |
| 10...結像光学系 |             |

であるから、レジストの使用に限ることなく、例えば、X線照射による試料表面の直接加工やX線を励起光とする加工等にも適用できる。

【0019】

【発明の効果】本発明によれば、X線領域あるいは真空紫外領域のビームと多層膜鏡を用いてパターン転写を行なう装置において、多層膜鏡の温度分布が時間的に一定に保たれるように冷却手段と加熱量が制御できる加熱手段を設けたので露光光学系の熱変形による性能劣化が回避される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である投影露光装置のブロック図。

【図2】投影露光装置の結像光学系における主光線の進行経路を示す説明図。

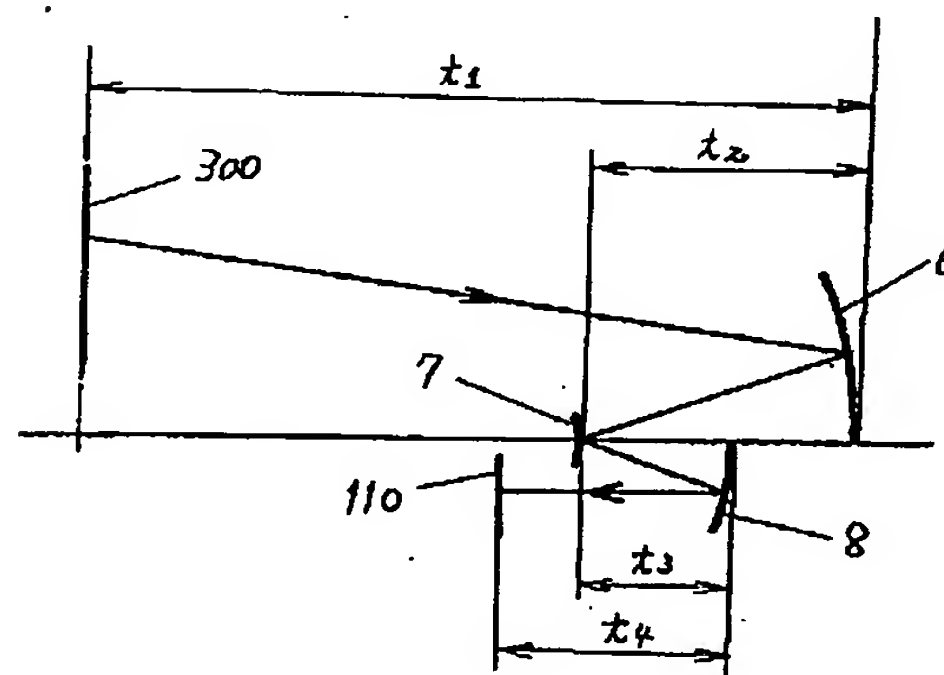
【図3】結像光学系を構成する反射鏡の断面における温度分布を示す説明図。

【符号の説明】

1...X線源、2...楕円面鏡、3...マスク、6...凹面鏡、7...凸面鏡、8...凹面鏡、9...平面鏡、11...ウェハ、30...シャッタ、31...加熱手段、32...冷却手段、33...加熱制御手段、35...温度分布曲線。

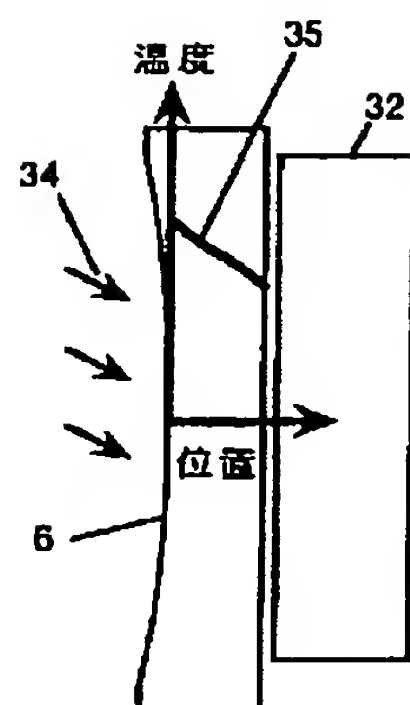
【図2】

図 2



【図 3】

図 3



---

フロントページの続き

- (72)発明者 瀬谷 英一  
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内
- (72)発明者 片桐 創一  
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内